

INTRODUÇÃO À ROBÓTICA INDUSTRIAL

- 7.1 Introdução
- 7.2 Histórico
- 7.3 Fatores que beneficiaram o desenvolvimento dos robôs industriais
- 7.4 Vantagens e desvantagens da robótica industrial
- 7.5 Conceitos básicos de um robô
- 7.6 Principais aplicações dos robôs industriais

A quantidade de robôs de uso industrial aumentou nos últimos anos em virtude da implantação, particularmente pelas indústrias automobilísticas, de robôs em suas linhas de montagem.

A utilização de robôs também se tornou freqüente na medicina: na área cirúrgica (cardíaca, oftalmológica etc.), na teleoperação, na reabilitação por meio de próteses de pernas e braços e em operações em ambientes adversos (exploração submarina, em cavernas, espacial etc.).

Neste capítulo, é apresentada uma introdução à robótica industrial, com uma revisão histórica da evolução da robótica até os nossos dias, enfocando em particular a robótica de manipulação industrial.

Ao final, comentamos alguns usos de robôs industriais em instalações produtivas.

7.1 INTRODUÇÃO

Na sociedade atual, é crescente a necessidade de realizar tarefas com eficiência e precisão. Existem também tarefas a ser levadas a cabo em lugares em que a ação humana é difícil, arriscada e até mesmo impossível, como no fundo do mar ou em meio à imensidão do espaço. Para executá-las, faz-se necessária a presença de dispositivos mecatrônicos (robôs), que as realizam sem risco de vida. A robótica é a área que se preocupa com o desenvolvimento de tais dispositivos; multidisciplinar e em constante evolução, ela busca o desenvolvimento e a integração de técnicas e algoritmos para a criação de robôs.

A robótica envolve o estudo da engenharia mecânica, da engenharia elétrica e da inteligência artificial, entre outras disciplinas. Temos hoje robôs em várias áreas da sociedade: há os que prestam serviços (como o desarmamento de bombas), aqueles com a nobre finalidade da pesquisa científica e educacional e até mesmo os operários, que se instalaram nas fábricas e foram os responsáveis pela "Segunda Revolução Industrial". Com a produção em série, carne e osso foram substituídos pelo aço, agilizando os processos e fornecendo maior qualidade aos produtos.

Décadas atrás, os robôs faziam parte apenas da ficção científica, fruto da imaginação humana. No início dos anos 60, os primeiros robôs começaram a ser usados com o objetivo de substituir o homem em tarefas que ele não podia realizar, as quais envolviam condições desagradáveis, tipicamente com altos níveis de calor, ruídos, gases tóxicos, esforço físico extremo, trabalhos tediosos e monótonos. Duas tendências, nos últimos 20 anos, garantiram a evolução dos robôs: o constante aumento dos níveis salariais dos empregados e o extraordinário avanço tecnológico no ramo de computadores, que induz à redução dos preços do robô e a uma significativa melhoria em seu desempenho.

7.2 HISTÓRICO

Uma das maiores fantasias do homem é a construção de uma máquina com inteligência artificial, capaz de agir e pensar como ele. No entanto, esse desejo esconde a vontade que há em seu subconsciente de possuir um 'escravo metálico' que satisfaça todas as suas vontades. E esse sonho humano está perto de se tornar realidade com o espantoso avanço da tecnologia.

A palavra 'robô' origina-se da palavra tcheca *robotnik*, que significa 'servo'. O termo foi utilizado inicialmente por Karel Capek em 1923, época em que a idéia de um 'homem mecânico' parecia pertencer a alguma obra de ficção. Não é só do homem moderno o desejo de construir robôs: alguns fatos históricos nos mostram que a idéia não é nova (por exemplo, são muitas as referências sobre a construção do homem mecânico por relojoeiros, que os exibiam em feiras).

Também há relatos acerca de algumas animações mecânicas realizadas por Leonardo da Vinci, tais como um leão animado, e seus esforços para fazer máquinas que reproduzissem o vôo das aves. Porém, esses dispositivos eram muito limitados, pois não podiam realizar mais do que uma tarefa, ou um conjunto reduzido delas.

A idéia de construir robôs começou a tomar força no início do século XX com a necessidade de aumentar a produtividade industrial e melhorar a qualidade dos produtos. Nessa época o robô industrial encontrou suas primeiras aplicações, e George Devol pode ser considerado o pai da robótica. No Quadro 7.1 são descritos os principais fatos históricos que contribuiram para o desenvolvimento da robótica.

Devido aos inúmeros recursos que os sistemas de microcomputadores nos oferecem, a robótica atravessa uma época de contínuo crescimento, que permitirá, em curto espaço de tempo, o desenvolvimento de robôs inteligentes. Assim, a ficção do homem antigo se tornará a realidade do homem atual.

Quadro 7.1 Fatos históricos importantes para o desenvolvimento da robótica
(século IV a.C. até 1980)

| Período | Fato histórico |
|------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Século IV a.C (Grécia) | Aristóteles relata os primeiros princípios da robótica, referentes à utilização de instrumentos dedicados a trabalhos determinados, sem o auxílio das mãos humanas, o que reduziria os esforços do homem, com ênfase no conceito de mestre e escravo. |
| Século XVIII | Inicia-se a Revolução Industrial, com a evolução de novas fontes de energia, novos mecanismos e instrumentos. Os novos conceitos industriais tornam possível a evolução da maquinaria capaz de controlar uma série de ações seqüenciadas. |
| Século XIX | No final do século XIX inicia-se o desenvolvimento da máquina. Exposições de máquinas, para promover os mais recentes eventos tecnológicos, são realizadas com freqüência. O motor elétrico é introduzido na indústria. A máquina substitui o homem. |
| 1914-1918 | A Primeira Guerra Mundial acarreta várias mudanças. O poder da máquina mostra sua forma negativa e destrutiva. |
| 1921 | O dramaturgo Karel Čapek usa pela primeira vez a palavra 'robô' na peça teatral <i>Rossum's Universal Robots</i> (R.U.R.), que retrata a criação de robôs para substituir o homem nos trabalhos pesados. O robô começa a ser visto como uma máquina 'humana' com inteligência e personalidade. |
| 1928 | Um robô mecânico abre uma exposição de modelos técnicos, em Londres. |
| 1940 | O grande escritor norte-americano de ficção científica Isaac Asimov estabelece quatro leis muito simples para a robótica: <ul style="list-style-type: none"> 1º) Um robô não pode ferir um ser humano ou permanecer passivo deixando um ser humano exposto ao perigo. 2º) Um robô deve obedecer às ordens dadas pelos seres humanos, exceto se tais ordens estiverem em contradição com a primeira lei. 3º) Um robô deve proteger sua existência na medida em que essa proteção não estiver em contradição com a primeira e a segunda lei. 4º) Um robô não pode causar mal à humanidade nem permitir que ela própria o faça (lei escrita por Asimov somente em 1984). Entretanto, cabe observar que os robôs têm braços e articulações capazes de realizar trabalhos repetitivos e autônomos, mas não sensibilidade para controlar a si próprios e resolver os problemas que poderão surgir. |
| 1959 | Devol e Joseph F. Engelberger desenvolvem o primeiro robô industrial pela Unimation Inc., capaz de executar automaticamente uma variedade de tarefas. Ele difere dos demais automatos devido à possibilidade de ser reprogramado e remodelado para outras tarefas, com um nível de custos pouco elevado. |
| 1960 | Nos anos 60, torna-se significativo o fato de a flexibilidade destas máquinas aumentar mediante o emprego de diferentes tipos de sensores. Dessa década em diante a investigação a respeito da robótica começa a incidir sobre o tema robótica móvel. |

(Continua)

(Continuação)

| Período | Fato histórico |
|---------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1962 | H. A. Ernst inicia o desenvolvimento de um computador capaz de controlar uma mão mecânica com sensores táteis (MH-1). Essa invenção consegue mover e 'sentir' blocos, tornando possível, por meio do controle da mão, o empilhamento de blocos sem ajuda humana. Tomovic e Boni desenvolvem um protótipo equipado com um sensor de pressão que, após 'sentir' o objeto, transmite para o computador informações referentes ao seu tamanho e um sinal para o motor, que dá início à ação de diferentes moldes. |
| 1963 | A American Machine & Foundry Company (AMF) introduz no mercado uma versão de um robô comercial (Versatran). São desenvolvidos diversos projetos de braços para manipuladores, tais como o braço Roehampton e o braço Edinburgh. |
| 1968 | McCarthy e outros, no Laboratório de Inteligência Artificial de Stanford, desenvolvem um computador com 'mãos, olhos, pernas, ouvidos' (manipuladores, câmeras de vídeo e microfones), demonstrando capacidade de identificação, reconhecimento e manipulação de blocos espalhados sobre uma mesa mediante a decodificação de mensagens faladas. Pieper estuda o problema de cinemática de um manipulador controlado por computador. |
| 1969 | O homem pisa no solo lunar pela primeira vez. Nessa época já se utilizam manipuladores para recolher amostras e executar pequenas tarefas em resposta ao comando de um controle remoto. O modo de teleoperação serve para efetuar escavações e outras tarefas de complexidade reduzida. |
| 1970 | A robótica começa a incidir na pesquisa do uso de sensores para facilitar operações manuais. |
| 1971 | Kahn e Roth analisam a dinâmica e o controle de braços flexíveis usando controladores do tipo bangue-bangue ('near minimum time'). |
| 1973 | Em Stanford, Balles e Paul utilizam um sensor visual e um sensor de peso demonstrando um braço controlado por computador para a montagem de bombas-d'água de automóveis. |
| 1974 | A Cincinnati Milacron introduz o primeiro robô industrial controlado por computador, denominado T3 ('The Tomorrow Tool', ou Ferramenta do Futuro), que move objetos numa linha de montagem. Inoue, no Laboratório de Inteligência Artificial, aprofunda estudos sobre a utilização de sensores de peso (força), enquanto Nevins, no Draper Laboratory, investiga diferentes técnicas de sensoriamento. |
| 1975 | Will e Grossman desenvolvem na IBM um manipulador, controlado por computador com sensores táteis e de peso, para realizar a montagem mecânica de 20 partes de uma máquina de escrever. |
| 1980 | A General Motors, em Detroit, nos Estados Unidos, introduz um robô industrial com 'inteligência' eletrônica, capaz de reconhecer diferentes componentes numa tira transportadora e de escolher aqueles de que necessita. |

7.3 FATORES QUE BENEFICIARAM O DESENVOLVIMENTO DOS ROBÓS INDUSTRIALIS

Na década de 60, quando foram lançados os primeiros robôs industriais, seu preço era muito alto e somente pouquíssimas empresas, todas localizadas em países desenvolvidos (principalmente no Japão e nos Estados Unidos), tinham acesso a eles. No entanto, a partir de 1976 os preços começaram a baixar de forma extremamente acelerada.

A grande responsável pela brutal redução de custos que ocorreu na informática e na robótica é a *microeletrônica*. Com o avanço dessa disciplina, foi possível, por exemplo, concentrar toda a capacidade do Eniac, o primeiro computador a válvula, desenvolvido em 1950, em uma pastilha de silício de menos de 0,5 centímetro quadrado — e mais: com velocidade de processamento muito superior e custo infinitamente menor. Os microprocessadores influenciaram diretamente a capacidade de todas as máquinas industriais, com impacto decisivo nas tecnologias associadas à robótica. Isso permitiu que a capacidade de processamento de informações se multiplicasse estrondosamente, além de baratear o custo dos robôs, tornando-os mais acessíveis.

7.4 VANTAGENS E DESVANTAGENS DA ROBÓTICA INDUSTRIAL

O crescimento da tecnologia relacionado à robótica gerou enormes benefícios. A automação possibilita grandes incrementos na produtividade do trabalho e, em decorrência, o atendimento das necessidades básicas da população. Além de aumentar a produção, os equipamentos automatizados possibilitam melhora na qualidade do produto, ao uniformizar a produção e, assim, evitar perdas e refugos.

A automação também permite eliminar tempos mortos, ou seja, os 'operários' trabalham 24 horas por dia sem reclamar — e isso gera crescimento na rentabilidade dos investimentos.

A microeletrônica proporciona flexibilidade ao processo de fabricação, pois permite que a produção siga as tendências do mercado; desse modo, evitam-se estoques de produtos invendáveis. Conclui-se, portanto, que, com a microeletrônica, não há nem escassez nem desperdício; a qualidade de vida e de produção é melhor, aliada a um menor esforço.

Sem dúvida a automação industrial foi e é um grande impulsionador da tecnologia de robótica. Cada vez com maior freqüência se procura aperfeiçoar os dispositivos, dotando-os de inteligência para executar as tarefas necessárias. Por exemplo, as *redes neurais* objetivam linearizar os acionamentos eletromecânicos; com o *Fuzzy Logic* pode-se planejar a trajetória para robôs redundantes e, com os sistemas especialistas, é possível detectar vazamentos de água a partir da aquisição remota de consumo.

Há alguns anos, foi concebida a idéia de que sistemas mecânicos poderiam ser controlados por operações numérico-aritméticas. As máquinas-ferramentas CNC (comando numérico computadorizado) são máquinas operatrizes, com a velocidade e o posicionamento controladas por meio de computadores conectados aos motores.

7.4.1 PRINCIPAIS VANTAGENS

As vantagens decorrentes da utilização de robôs industriais são numerosas. Entre elas destacam-se o aumento da produtividade, a melhoria e a consistência na qualidade final de um produto, a minimização de operações, a menor demanda de contratação de mão-de-obra especializada, que é difícil de encontrar, a contabilidade no processo, a facilidade na programação e no uso dos robôs,

a operação em ambientes difíceis e perigosos ou em tarefas desagradáveis e repetitivas para o ser humano e, finalmente, a capacidade de trabalho por longos períodos sem interrupção.

Na prática, a aplicação de robôs na indústria requer uma solução confiável e robusta que desempenhe com consistência as funções predeterminadas. Indústrias que desejam automatizar todos os seus processos e possuem problemas complexos precisam adquirir robôs de precisão, que são caros e muitas vezes não trabalham conforme o especificado.

Em algumas aplicações os processos alcançam 100% de robotização, tal como na manipulação de materiais diversos, na soldagem por resistência por pontos e na pintura na indústria automobilística. E o sucesso não se deve ao fato de serem processos simples; pelo contrário, são complexos, mas esse é um bom exemplo da relação custo-benefício. Além disso, nesses casos os robôs substituem a mão-de-obra humana em trabalhos repetitivos, de difícil execução e, muitas vezes, de alto risco (Nof, 1985).

7.4.2 CUSTO DE AQUISIÇÃO

O principal fator que impede a adoção em massa de sistemas robotizados industrialmente é seu alto custo inicial. O tempo para recuperar tal investimento depende dos custos de compra, instalação e manutenção. Não é um tempo fixo: depende da fábrica em que o robô será instalado e de sua aplicação.

O preço de um robô é determinado por suas dimensões, grau de sofisticação e complexidade, exatidão e confiabilidade. Na especificação de sistemas automatizados em que se utilizam dispositivos robóticos, devem ser levadas em consideração as seguintes condições:

- o número de empregados substituídos pelo robô;
- o número de turnos realizados por dia;
- a produtividade comparada a seu custo;
- o custo de projeto e manutenção;
- o custo dos equipamentos periféricos.

7.4.3 IMPACTO SOCIAL

As transformações causadas pelo surgimento dos robôs muitas vezes não estão visíveis para grande parte das pessoas não familiarizadas com o ambiente fabril. Contudo, a ascensão da robótica nas fábricas faz parte da mesma tendência que vem determinando, nos últimos anos, a crescente automatização dos bancos, do comércio e das empresas em geral, como resultado do advento da informática.

Nos últimos tempos, devido à automação, houve um decréscimo do nível de emprego nas atividades industriais. Em curto prazo, a automação levanta problemas como o desemprego, a necessária reconversão e o treinamento de pessoal, as consequências da redução de horas de trabalho, bem como questões relativas ao aumento de salários em atividades de maior produtividade.

A substituição da mão-de-obra humana por robôs traz algumas vantagens, como a capacidade destes de realizar trabalhos árduos ininterruptamente, sem a descontinuação de atividades por motivos trabalhistas, a possibilidade de manter qualidade uniforme na produção e não necessitar de condições ambientais específicas (ar condicionado, luz e silêncio). Por outro lado, o aprendizado, a memória e os movimentos do robô são limitados se comparados aos do ser humano.

No que se refere ao meio fabril, as indústrias adotam robôs e computadores guiadas pela necessidade crucial de sobreviver no mercado, a fim de conquistar, com baixos custos, maior produtividade e qualidade e assim assegurar competitividade ante os concorrentes. Por outro lado, devem-se levar em conta os impactos sociais que os robôs exercem sobre o nível de emprego. Não raro um robô substitui dezenas ou até centenas de homens em uma linha de produção.

O temor do desemprego aumenta diariamente. A queda nos custos dos robôs — fato que os tornou acessíveis para muitos setores industriais — fez com que eles pudessem competir com a mão-de-obra barata, como a que predomina nos países do Terceiro Mundo, o que constitui ameaça ao emprego de muitos trabalhadores. Diversas empresas multinacionais que se instalaram em países subdesenvolvidos para utilizar-se do recurso ‘mão-de-obra barata’ já pensam em alterar essa tendência e concentrar suas operações nos países de origem, utilizando robôs para baratear os custos.

O uso de robôs passa a ser uma questão de sobrevivência para as indústrias; assim, resistir a sua adoção é uma batalha perdida, principalmente devido à forma acelerada com que eles caem de preço. O sucesso que as empresas e os países usuários de robôs vêm obtendo é alto. O Japão, por exemplo, em dez anos conseguiu quadruplicar sua produção de automóveis, com o emprego, praticamente, da mesma força de trabalho.

Um estudo conduzido no Japão em 1983 mostrou que no início de 1981 havia naquele país cerca de 25 mil robôs, cujo valor médio de mercado era de US\$ 17 mil. Com uma expectativa de vida útil de seis anos, desde que trabalhe 22 horas por dia, durante os sete dias da semana, o robô trabalhará nesses seis anos aproximadamente 48 mil horas. Isso equivale ao que o operário médio japonês — cujo custo médio é de US\$ 13 mil anuais — consegue trabalhar em 30 anos, já que sua jornada semanal é de 40 horas. É evidente a vantagem que os robôs levam sobre os operários.

Quando se fala em desemprego, é necessário ressaltar que não existem somente os empregos destruídos: há também os empregos modificados. Habilidades pacientemente adquiridas por trabalhadores são, para alguns, desqualificadas por ter se tornado inúteis diante do movimento do braço do robô.

Não resta dúvida de que o que deve ser feito não é impedir o advento dos robôs, pois isso seria praticamente impossível, porém não devemos assistir passivamente à sua chegada. O caminho é lutar para que sejam implantadas medidas que minimizem os impactos negativos.

De acordo com um estudioso inglês chamado Tom Stonier, o caminho seria a adoção, pelos governos, de programas maciços de educação gratuita em todos os níveis. Isso aumentaria a capacitação dos indivíduos, o que possibilitaria a descoberta de novas formas de utilização dos robôs e dos computadores e, consequentemente, a invenção ou a geração de novos serviços e produtos. Segundo um outro estudo, este feito pela Apex, uma entidade sindical inglesa, só existe uma forma de atenuar os males decorrentes de desemprego: a atuação conjunta de governo, sindicatos e empresários com vistas a, após a realização de estudos sobre cada setor da economia e cada ramo de atividade, estabelecer impostos para as empresas que obtiverem ganhos em produtividade à custa da automatização de funções outrora manuais. Esses impostos teriam uma destinação específica, qual seja, a criação de empregos públicos em áreas como saúde e educação.

Outra instituição muito importante que tem se dedicado a estudar o assunto é a Organização Internacional do Trabalho (OIT), vinculada à Organização das Nações Unidas (ONU), que já publicou várias pesquisas a respeito. Para reduzir as altas taxas de desemprego a OIT recomenda a redução da jornada de trabalho para 30 horas semanais e a criação de empregos no setor de serviços sociais (como saúde e educação).

Elementos constantes nos estudos referentes às possíveis forças atenuantes do desemprego são os sindicatos de trabalhadores. Existem inúmeros exemplos provenientes de países com Alemanha, Suécia e França em que as atividades industriais foram automatizadas, mas, por pressão dos sindicatos, as empresas não puderam dispensar seus funcionários e, em vez disso, tiveram de reutilizá-los em outras funções. Isso evidencia uma arma valiosa no combate ao desemprego provocado pela máquina: o poder sindical, que por sua vez é dependente de uma sociedade civil forte. Essa condição é fundamental não apenas para garantir sindicatos autônomos que possam defender seus filiados, como também para permitir que toda a discussão acerca da melhor distribuição dos frutos do progresso técnico seja feita democraticamente, com a participação de todos os segmentos da sociedade.

Igualmente importante para atenuar os impactos negativos da robotização é a realização de investimentos maciços na indústria da construção civil, o segmento da economia com condições mais

efetivas de se transformar em absorvedouro de mão-de-obra não especializada. Além disso, levará algum tempo para que a construção civil robotize ou automatize seus processos. (Vale lembrar que, quando se fala em construção civil, não se está pensando somente em rodovias, pontes ou edifícios, mas principalmente em habitações populares, escolas e postos de saúde.)

7.5 CONCEITOS BÁSICOS DE UM ROBÔ

7.5.1 BRAÇO MECÂNICO

Um robô consiste em um braço mecânico motorizado programável que apresenta algumas características antropomórficas (Figura 7.1) e um cérebro na forma de um computador que controla seus movimentos. O computador guarda em sua memória um programa que detalha o curso a ser seguido pelo braço. Quando o programa está em funcionamento, o computador envia sinais ativando motores que movem o braço e a carga no final dele, mantida sob controle pelo atuador (*end effector*).

O braço mecânico é um manipulador projetado para realizar diferentes tarefas e ser capaz de repeti-las. Para executá-las, o robô move partes, objetos, ferramentas e dispositivos especiais segundo movimentos e pontos pré-programados. A Figura 7.2 mostra a estrutura de um robô industrial em uma analogia com o ser humano.

Dois aspectos importantes do funcionamento de um braço mecânico correspondem ao sensoriamento ambiente e à sua programação.

7.5.2 SENSORIAMENTO E PROGRAMAÇÃO

Para realizar certas tarefas os robôs precisam de habilidades sensoriais similares às do homem. Os modelos avançados estão equipados com sensores, mas sua capacidade ainda é limitada, como a capacidade de movimentação, já que os robôs ficam fixos em um local ou têm um espaço restrito para se mover. Seu controle é feito por meio da programação de um computador, que deve apresentar as seguintes características:

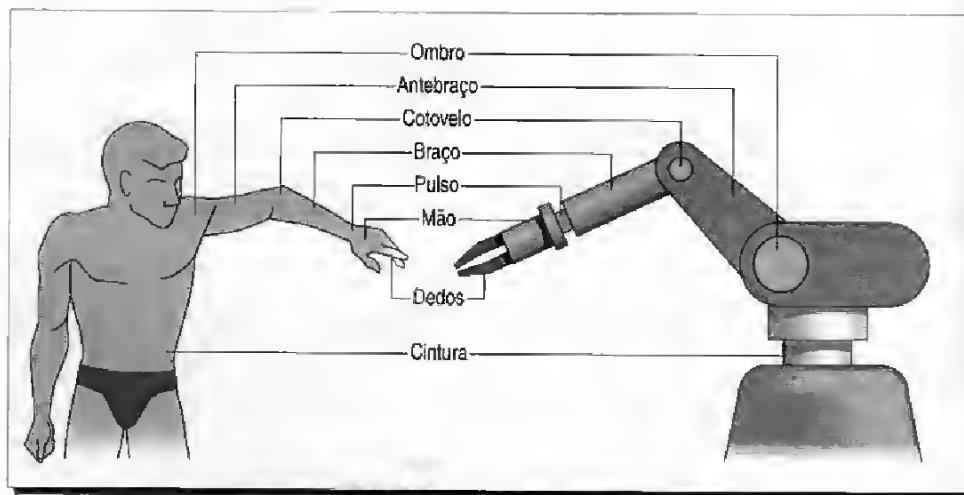


Figura 7.1 Conceitos básicos de um robô.

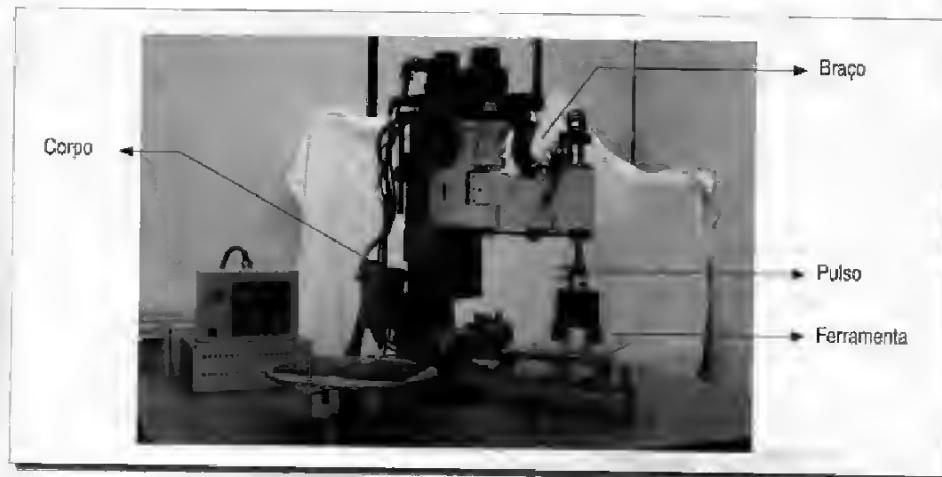


Figura 7.2 Estrutura de um robô em analogia com o ser humano.

- ❑ memória para guardar os programas;
- ❑ conexões para os controladores dos motores;
- ❑ conexões para a entrada e a saída de dados e para ativar os programas operacionais;
- ❑ unidade de comunicação controlada por um humano.

7.5.3 ASPECTOS RELACIONADOS À UTILIZAÇÃO DE ROBÔS INDUSTRIALIS

CLASSIFICAÇÃO DE UM SISTEMA AUTOMATIZADO

- ❑ *Automação rígida*: utiliza máquinas projetadas para executar uma função específica. Nesses sistemas, qualquer mudança na operação padrão demanda uma mudança no hardware da máquina e em sua configuração. Esse tipo de automação é em geral utilizado para um produto particular e de difícil adaptação a outro produto.
- ❑ *Automação flexível*: utiliza máquinas reprogramáveis com linguagem de programação estruturada, em que a configuração de uma célula de manufatura para outra pode ser alterada facilmente e com rapidez.

FUNCIONALIDADES E HABILIDADES DE UM ROBÔ

- ❑ *Robôs de primeira geração*: incapazes de obter qualquer informação sobre o meio, realizam apenas movimentos pré-programados e retornam pouquíssimas informações sobre o ambiente de operação.
- ❑ *Robôs de segunda geração*: possuem todas as características dos robôs da geração anterior com o acréscimo de uma detalhada comunicação com seu ambiente. A comunicação é atingida por intermédio de sistemas de sensoriamento e identificação. Requerem computadores mais rápidos, com maior capacidade de memória, e também um grande avanço na capacidade de sensoriamento.

7.6 PRINCIPAIS APLICAÇÕES DOS ROBÔS INDUSTRIAIS

Fundamentalmente os robôs industriais apresentam dois grupos de aplicações (Armada, 1995), a saber: a manipulação de materiais diversos e a fabricação.

Em ambos os casos o robô industrial modifica o ambiente, quer por mudar as peças de lugar, quer por criar um ambiente novo mediante a fabricação. Embora não se inclua a montagem de conjuntos mecânicos em tais grupos de aplicação, é evidente que ela constitui o topo do desenvolvimento tecnológico na indústria. Sabe-se que, na fabricação de um produto, a montagem ocupa 53% do tempo e demanda 22% do trabalho total.

7.6.1 UTILIZAÇÃO DE ROBÔS INDUSTRIAIS NO BRASIL E NO MUNDO

De acordo com dados da Sociedade Brasileira de Comando Numérico, Automatização Industrial e Computação Gráfica (Sobracon), em 1995 existiam 550 robôs em operação nas indústrias brasileiras (Spong & Vidyasagar, 1989). Dados de 1998 registram 1.800 robôs, dos quais 65% estavam instalados na indústria automobilística. Segundo a Federação Internacional de Robótica (IFR) em 2000 já se contabilizavam 5 mil deles, número correspondente a 0,6% do total de robôs no mundo — quantidade ainda muito baixa se comparada com a de países industrializados. De acordo com uma matéria publicada pela revista *Época* em 29 de junho de 1998, a Asea Brown Boveri (ABB) detém cerca de 33% do mercado brasileiro, seguida da Fanuc, com 18%, da Kuka, com 13%, e de robôs de outras marcas (36%). É importante notar uma alta taxa de crescimento do número de robôs nas indústrias brasileiras nos últimos anos, devido sobretudo a investimentos privados realizados majoritariamente pelas indústrias automobilísticas (Romano, 2000).

As aplicações dos robôs nas indústrias brasileiras são diversas. Em termos percentuais, por exemplo, os robôs da ABB são utilizados para soldagem por resistência por pontos (33%), manipulação de materiais/paletização (25%), soldagem por arco (18%), pintura (10%) e em outras aplicações como corte a jato de água, corte por gás, acabamento e montagem (14%).

7.6.2 INDÚSTRIA AUTOMOBILÍSTICA

Vimos que quase 65% dos robôs existentes no Brasil em 1998 eram utilizados na indústria automobilística, principalmente na soldagem por resistência por pontos. A Figura 7.3 mostra um exemplo de aplicação robótica na indústria automobilística.

Muitos ainda consideram os robôs destruidores de empregos; entretanto, em 1996, segundo dados publicados no jornal *A Tribuna*, de Vitória, em 2 de janeiro de 1997, a Ford, que então possuía 120 robôs da ABB e produzia mil carros por dia, teve de 'importar' 40 engenheiros ingleses e alemães para trabalhar com os outros 100 profissionais brasileiros. Ou seja, tal indústria não gerou desemprego, já que era nova, e tampouco pôde criar mais do que os 100 postos de trabalho gerados porque na época não havia no Brasil profissionais capacitados suficientes para operar os robôs.

O nível de automatização da indústria automobilística em âmbito mundial já é atualmente de 90%, embora algumas tarefas de produção já tenham alcançado o nível máximo de automatização total. O carro japonês Charade Sedan, da Daihatsu, é um exemplo de automatização: 80% das tarefas por meio das quais o veículo é produzido são efetuadas por robôs e 20%, por trabalhadores japoneses.

7.6.3 FORMAÇÃO DE PROFISSIONAIS EM ROBÓTICA NO BRASIL

Vários grupos de pesquisa vincularam-se a centros de pesquisa e a universidades brasileiras com o propósito de criar mão-de-obra especializada em robótica. Podemos destacar o Grupo de Robótica e Automação dentro da Rede de Automação da Manufatura (Manet — Manufacturing Network),

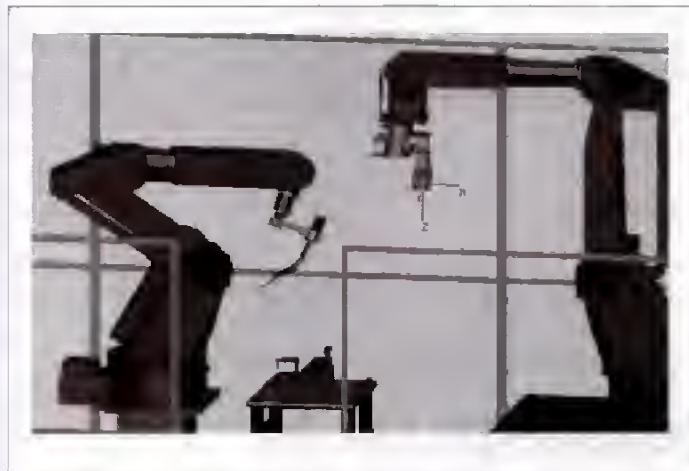


Figura 7.3 Exemplo de célula robotizada de montagem de veículos.

criado dentro do Projeto de Redes Cooperativas de Pesquisa (Recopé), o qual foi financiado pela Finep com o objetivo de nuclear grupos de pesquisa envolvendo as principais universidades e centros de pesquisas nacionais em áreas estratégicas, entre elas a robótica e a automação industrial. Em termos de preparação de mão-de-obra especializada em robótica, destaca-se o Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (Senai), que oferece cursos de formação profissional na área, nos quais estudantes de nível médio têm seu primeiro contato com o tema por meio dos kits de robôs em cursos de robótica pedagógica.

A ABB, líder na fabricação de robôs na Europa e nos Estados Unidos e detentora de 60% do mercado de robôs do Brasil, também contribui para a formação de profissionais por meio do seu centro de treinamento em automatização e robótica da América Latina, com aulas teóricas e práticas, segundo texto publicado no jornal *O Globo*, em 11 de dezembro de 1995.

CONCLUSÃO

O crescimento do uso de robôs na indústria é hoje motivado, por um lado, pelo aumento do custo da mão-de-obra e, por outro, pela melhoria da produtividade, da qualidade, das condições de segurança e qualidade de vida que a utilização de robôs traz, sobretudo quando eles substituem o homem na realização de tarefas perigosas. Por fim, a queda no custo dos robôs também tem contribuído para a disseminação de seu uso. Estudos realizados pela ABB Robotics mostram que em um ano é possível obter o retorno do investimento em automação, já que o custo da mão-de-obra cresce cerca de 5% ao ano, enquanto o dos robôs decresce mais que 5% no mesmo período. Um robô de soldagem utilizado na indústria automobilística que em 1994 custava US\$ 200 mil atualmente custa US\$ 30 mil. É importante destacar que se devem agregar ao preço final custos relativos à instalação, à configuração, ao treinamento e à realização de testes (o que equivaleria a US\$ 12 mil).

A robótica do futuro constitui uma matéria multidisciplinar, que requer conhecimentos provenientes de diversos campos, como projeto mecânico, eletrônica de potência, integração de grande escala e engenharia de software, e que continuará a ser influenciada pelos avanços em acionamentos, controle, mecanismos, programação e sensores (Armada, 1995).

De acordo com alguns pesquisadores (Armada, 1995; Spong & Vidyasagar, 1989), o desafio tecnológico está na montagem de conjuntos de alto valor agregado, de forma econômica e mediante o emprego de sensores diversos. Isso supõe resolver problemas como a integração multissensorial, a aprendizagem, o emprego cooperativo de sistemas multirrobôs, a adaptação às condições do ambiente, entre outros.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABB International Report, Zurich, 2000.

"Adeus à lanterna". *IstoÉ*, São Paulo, 27 mar. 1996.

Armada, M. A. "Controle de robots". *XV Curso de Automática en la Industria*, Aguadulce, jun. 1995.

Basañez, L. "Multi-sensor integration in robotics". *Workshop on Robotics and CIM*, Lisboa, 13-15 set. 1989.

Bastos, T. T. *Seguimiento y análisis de entornos de soldadura por arco automatizada mediante ultrasonidos*. Tesis Doctoral — Universidad Complutense de Madrid, 1994.

"Conceito empresarial: ABB robotics". ABINEE TEC, São Paulo, 1993.

"Cresce uso de robôs na indústria nacional". *A Tribuna*, Vitória, 02 jan. 1997.

"Eu, robô". *O Globo*, Rio de Janeiro, 11 dez. 1995.

Engelberger, J. F. "Robotics in the 21th century". *Scientific American*, set. 1995.

IFR International Federation of Robotics, 2000.

Introducing robotics, technical specifications of Pegasus 11: articulated servo robot system. Edacom Tecnologia, São Caetano do Sul, 2001.

Nof, S. Y. *Handbook of industrial robotics*. Cambridge: John Wiley & Sons, 1985.

"O Brasil na era dos robôs". *Época*, São Paulo, 29 jun. 1998.

Romano, V. F. "Brazilian investments and applications in robotics". *ASI'2000 & IIMB'2000*, Bordeaux, 20 set. 2000.

Scheinman, V. "Ideas on implementing modular robot systems". Technical paper of advanced Cybernetics Group, Inc. Disponível em: <<http://www.advancedcybernetics.com/bmodula.htm>>. Acesso em: 1998.

Spong, M. W.; Vidyasagar, M. *Robot dynamics and control*. Cambridge: John Wiley & Sons, Inc., 1989.

"Sales representatives of robot manufacturers in Brazil (ABB, Fanuc, Kuka)", relatório SENAI, São Caetano, São Paulo, 2000.